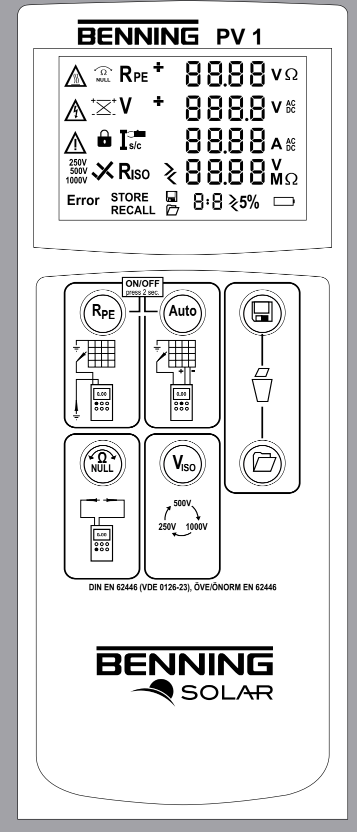
BENNING



Bedienungsanleitung
Operating manual



BENNING PV 1

T.-Nr. 10036949.00/ 09-2011

⓫ ❿ ❾ ❽

BENNING PV 1

❶

✓ RPE < 0.06 Ω
✓ RISO > 19.99 MΩ
✓ I EA < 0.11 mA
PASS

ON/OFF
press 2 sec.

❷ RPE
❸ Auto
0.00
❼
❹ NULL
❺ VISO
500V
250V 1000V
❻

DIN EN 62446 (VDE 0126-23), ÖVE/ÖNORM EN 62446

BENNING
SOLAR

Bild 1: Gerätefrontseite
Fig. 1: Appliance front face

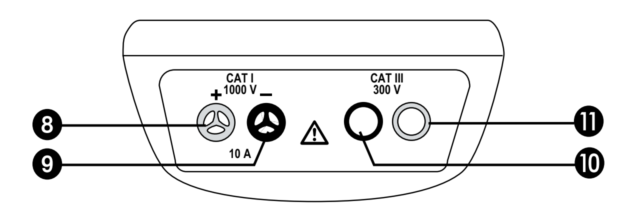


Bild 2: Geräteoberseite
Fig. 2: Top side of the device

Bild 3: Digitalanzeige
Fig. 3: Digital display

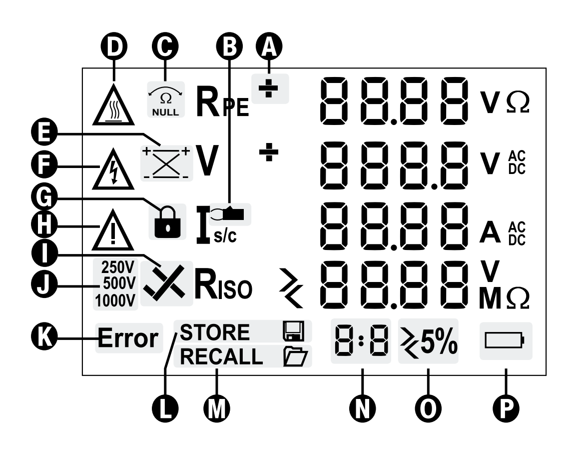
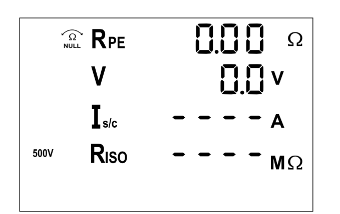


Bild 4: Nullabgleich der Sicherheitsmessleitung für R_{PE}-Messung
Fig. 4: Null balance of the measuring lead for R_{PE} measurement



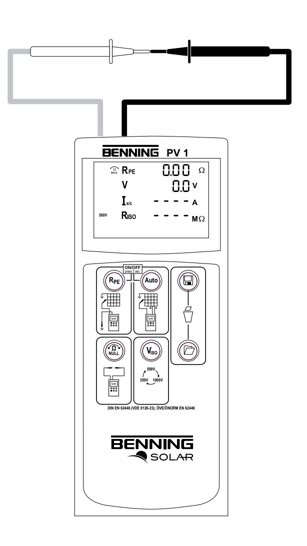
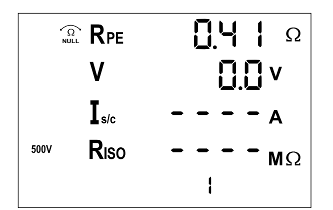


Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}
Fig. 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})



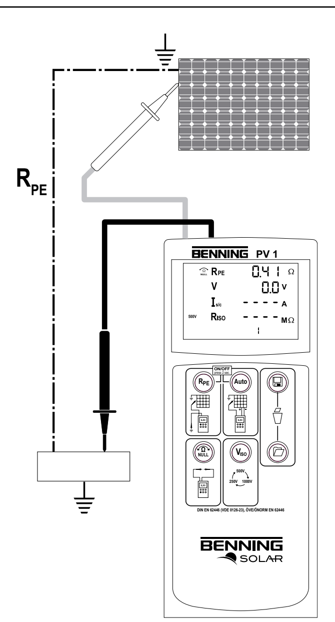
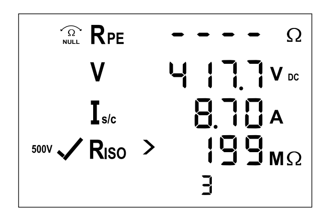


Bild 6: Automatische Solarmodul-Messung, ISO-Messung über Erdleiter
Fig. 6: Automatic solar panel measurement, ISO measurement via earthing conductor



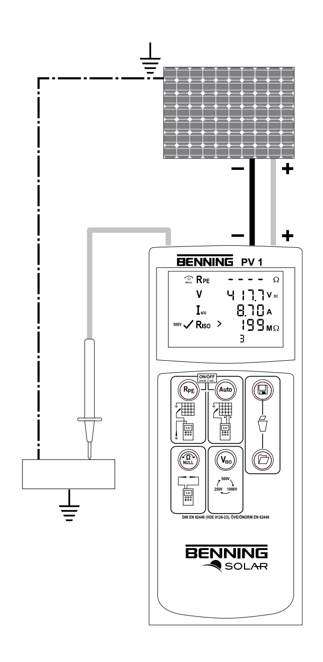
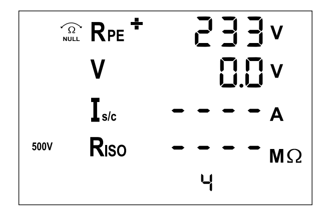


Bild 7: Spannungsmessung über 4 mm Prüfbuchsen
Fig. 7: Voltage measurement via 4 mm test sockets



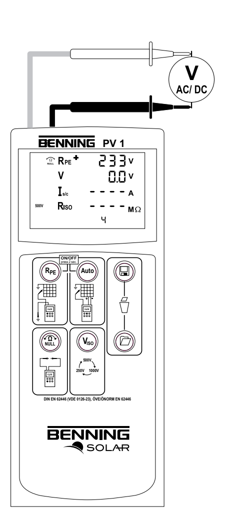
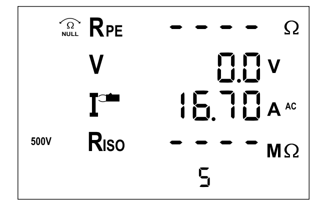


Bild 8: AC/ DC-Strommessung mit optionalem Stromzangenadapter BENNING CC 3
Fig. 8: AC/ DC current measurement by means of optional current clamp adapter BENNING CC 3



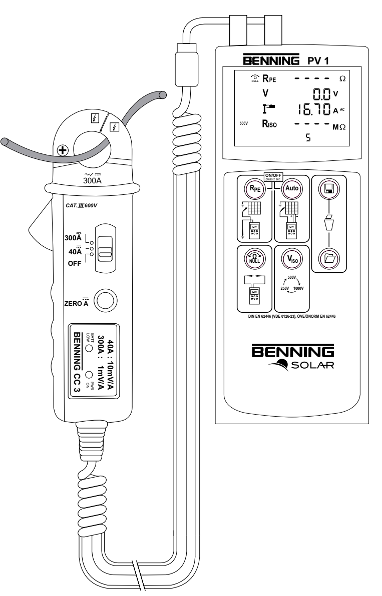
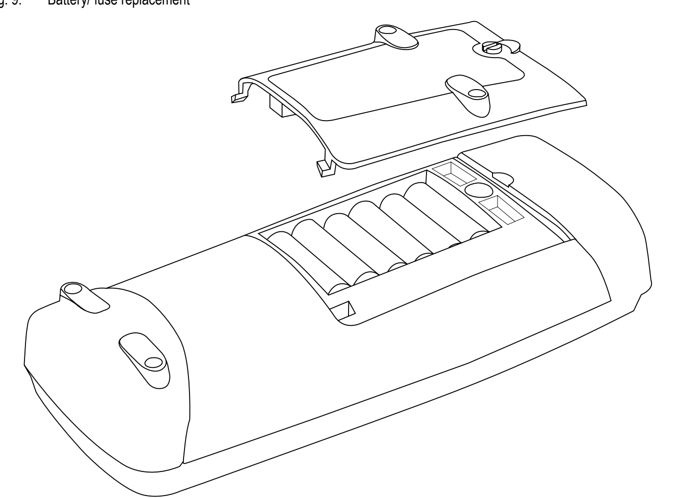


Bild 9: Batterie-/ Sicherungswechsel
Fig. 9: Battery/ fuse replacement



Bedienungsanleitung
BENNING PV 1

Batteriebetriebener Photovoltaiktester für die Installations- und Wiederholungsprüfung von netzgekoppelten Photovoltaik-Systemen gemäß VDE 0126-23 (DIN EN 62446).

- Schutzleiterwiderstandsmessung mit 200 mA DC Prüfstrom
- Automatische Anzeige der Spannungspolarität mit akustischer/visueller Warnung bei Falschpolung
- Leerlaufspannungsmessung am PV-Modul/PV-Strang bis 1.000 V DC
- Kurzschlussstrommessung am PV-Modul/PV-Strang bis 10 A DC
- Isolationswiderstandsmessung mit Prüfspannung 250 V, 500 V, 1.000 V DC
- Funktionstest durch Strommessung mittels optionalem Stromzangenadapter bis 40 A AC/DC

Inhaltsverzeichnis

1. Benutzerhinweise



Diese Bedienungsanleitung ist für ausgebildetes Fachpersonal geschrieben! Qualifiziertes Personal ist befähigt Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen zu vermeiden. Es besteht Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung!



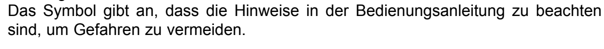
Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung!
Beachten Sie unbedingt alle Sicherheitshinweise!

Internationale, nationale und gegebenenfalls regionale Vorschriften der Elektrotechnik sind in jedem Fall einzuhalten. Einschlägige Kenntnisse der Elektrotechnik werden vorausgesetzt.
Das BENNING PV 1 ist zur Messung in trockener Umgebung vorgesehen (näheres hierzu im Abschnitt 6: Umgebungsbedingungen).
In der Bedienungsanleitung und auf dem BENNING PV 1 werden folgende Symbole verwendet:



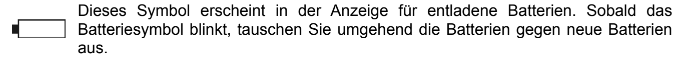
Warnung vor elektrischer Gefahr!
Steht vor Hinweisen, die beachtet werden müssen, um Gefahren für Menschen zu vermeiden.



Achtung Dokumentation beachten!

Das Symbol gibt an, dass die Hinweise in der Bedienungsanleitung zu beachten sind, um Gefahren zu vermeiden.



Dieses Symbol auf dem BENNING PV 1 bedeutet, dass das BENNING PV 1 konform zu den EU-Richtlinien ist.



Dieses Symbol erscheint in der Anzeige für entladene Batterien. Sobald das Batteriesymbol blinkt, tauschen Sie umgehend die Batterien gegen neue Batterien aus.

Symbolisiert ein PV-Modul

(AC) Wechsel-Spannung oder -Strom.

(DC) Gleich-Spannung oder -Strom.

Erde (Spannung gegen Erde).

Schutzklasse I

Schutzklasse II

2. Sicherheitshinweise

Das Gerät ist gemäß
DIN VDE 0411 Teil 1/ EN 61010 Teil 1
DIN VDE 0413 Teil 1/ EN 61557 Teil 1, 2, 4 und 10
gebaut und geprüft und hat das Werk in einem sicherheitstechnisch einwandfreien Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Anleitung enthalten sind. Fehlverhalten und Nichtbeachtung der Warnungen kann zu schwerwiegenden **Verletzungen** oder zum **Tode** führen.



Der Anschluss an den PV-Generator ist ausschließlich gemäß den Anschlussbildern der Bedienungsanleitung vorzunehmen.
Nicht benötigte Sicherheitsmessleitungen sind von dem BENNING PV 1 zu trennen.



Die PV-Prüfbuchsen ❽ und ❾ sind ausschließlich für die Kontaktierung mit PV-Generatoren (PV-Modul, PV-Strang) vorgesehen.



Das PV-Modul bzw. der PV-Strang darf die maximale Leerlaufspannung von 1000 V DC und den maximalen Kurzschlussstrom von 10 A nicht überschreiten.



Das BENNING PV 1 darf nur an isolierten PV-Modulen angeschlossen werden. Weder Plus- noch Minuspol des PV-Moduls darf geerdet sein!



Das Prüfgerät BENNING PV 1 direkt nach beendeter Prüfung vom PV-Generator trennen.



Messspitzen nicht berühren!
Bei Isolationswiderstandsmessungen können hohe elektrische Spannungen an den Messspitzen anliegen.



Während der Messung keine Metallteile des PV-Prüfobjektes berühren.



Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein! Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!



Über die 4 mm Sicherheitsmessleitungen sind Spannungsmessungen an Steckdosenstromkreise möglich. Das BENNING PV 1 darf über die 4 mm Prüfbuchsen ❿ und ⓫ nur in Stromkreisen der Überspannungskategorie III mit max. 300 V AC/DC Leiter gegen Erde benutzt werden. Bei Spannungsmessungen über die 4 mm Prüfbuchsen ❿ und ⓫ sind vorher die PV-Sicherheitsmessleitungen von den PV-Prüfbuchsen ❽ und ❾ zu trennen.



Extreme Vorsicht bei Arbeiten um blanke Leiter oder Hauptleitungsträger. Ein Kontakt mit Leitern kann einen Elektroschock verursachen.
Beachten Sie, dass Arbeiten an spannungsführenden Teilen und Anlagen grundsätzlich gefährlich sind. Bereits Spannungen ab 30 V AC und 60 V DC können für den Menschen lebensgefährlich sein.



Vor jeder Inbetriebnahme überprüfen Sie das Gerät und die Leitungen auf Beschädigungen. Ein beschädigtes BENNING PV 1 nicht verwenden! Beschädigte Sicherheitsmessleitungen ersetzen!



Verwenden Sie ausschließlich, die im Lieferumfang des BENNING PV 1 enthaltenen Sicherheitsmessleitungen.

Das Prüfgerät BENNING PV 1 ausschließlich gemäß der in dieser Dokumentation angegebenen, bestimmungsgemäßen Verwendung einsetzen.

Das BENNING PV 1 nur in trockener Umgebung verwenden.

Ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern.

Es ist anzunehmen, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist,
- wenn das Gerät oder die Sicherheitsmessleitungen sichtbare Beschädigungen aufweisen,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen,
- nach schweren Transportbeanspruchungen,
- wenn das Gerät oder die Sicherheitsmessleitungen feucht sind.



Um eine Gefährdung auszuschließen
- **berühren Sie die Leitungen nicht an den blanken Messspitzen,**
- **stecken Sie die Leitungen in die entsprechend gekennzeichneten Buchsen am Messinstrument**



Wartung:
Das Gerät nicht öffnen, es enthält keine durch den Benutzer wartbaren Komponenten. Reparatur und Service kann nur durch qualifiziertes Personal erfolgen.



Reinigung:
Das Gehäuse regelmäßig mit einem Tuch und Reinigungsmittel trocken abwischen. Kein Poliermittel oder Lösungsmittel verwenden.

3. Lieferumfang

Zum Lieferumfang des BENNING PV 1 gehören:

3.1 ein Stück BENNING PV 1
3.2 ein Stück Transport-/ Aufbewahrungstasche
3.3 zwei Stück Sicherheitsmessleitungen mit Prüfspitze (L = 1,2 m) (rot/ schwarz)
3.4 zwei Stück Sicherheitskrokodilklemmen (rot/ schwarz)
3.5 zwei Stück Sicherheitsmessleitungen für MC4-Steckverbinder (rot/ schwarz)
3.6 zwei Stück Sicherheitsmessleitungen für „Sunclix“-Steckverbinder (rot/ schwarz)
3.7 sechs Stück 1,5 V Mignon-Batterien/ Typ AA, IEC LR6
3.8 ein Stück Kurzanleitung
3.9 ein Stück CD-ROM mit ausführlicher mehrsprachiger Bedienungsanleitung und Informationsmaterial

Hinweis auf Verschleißteile:
- Das BENNING PV 1 enthält eine Sicherung zum Überlastschutz:
  Ein Stück Sicherung Nennstrom 500 mA, F, 1000 V, Trennvermögen ≥ 1000 A, D = 6,3 mm, L = 32 mm (T.Nr. 749771)
- Das BENNING PV 1 benötigt sechs 1,5 V Mignon-Batterien/ Typ AA, IEC LR6

Hinweis auf optionales Zubehör:
- AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 zum Anschluss an das BENNING PV 1. Die gemessenen AC/ DC-Stromwerte können in dem Speicher des BENNING PV 1 abgelegt und wieder aufgerufen werden (T.Nr. 044038).
- 40 m Messleitung BENNING TA 5 mit praktischem Aufwickler und Handschlaufe. Anschluss: 4 mm Sicherheitsprüfbuchse/ -stecker (T.Nr. 044039).
- Prüfplaketten „Nächster Prüftermin“, 300 Stück (T.Nr. 756212)
- Prüfprotokoll-Formulare “Prüfung von PV-Anlagen” können Sie kostenlos downloaden unter www.benning.de

4. Gerätebeschreibung

siehe Bild 1: Gerätefrontseite
siehe Bild 2: Geräteoberseite
siehe Bild 3: Digitalanzeige

Die in Bild 1, 2 und 3 angegebenen Anzeige- und Bedienelemente werden wie folgt bezeichnet:

❶ **Digitalanzeige**, zeigt den Prüffortschritt und einzelne Messergebnisse,
❷ (RPE)**-Taste**, Prüfung des Schutzleiterwiderstandes
❸ (Auto)**-Taste**, startet den automatischen PV-Prüfablauf nach VDE 0126-23 (DIN EN 62446)
❹ (Ω NULL)**-Taste**, zum Nullabgleich der Messleitungswiderstände
❺ (VISO)**-Taste**, Auswahl der Prüfspannung für die Isolationswiderstandsmessung
❻ (📂)**-Taste**, zum Aufrufen gespeicherter Messwerte (Displaywerte)
❼ (💾)**-Taste**, zur Speicherung der angezeigten Messwerte (Displaywerte)
❽ **+ PV-Prüfbuchse (rot)**, zum Anschluss der roten Sicherheitsmessleitung mit PV-Steckverbinder
❾ **– PV-Prüfbuchse (schwarz)**, zum Anschluss der schwarzen Sicherheitsmessleitung mit PV-Steckverbinder
❿ **– 4 mm Prüfbuchse (schwarz)**, zum Anschluss der Sicherheitsmessleitung mit Prüfspitze/ Krokodilklemme

⓫ **+ 4 mm Prüfbuchse (rot)**, zum Anschluss der Sicherheitsmessleitung mit Prüfspitze/ Krokodilklemme

A **R_{PE} Spannungs-Polaritätsanzeige**, zeigt die Polarität der DC-Spannung an den 4 mm Prüfbuchsen ❿ und ⓫ an. Bei Wechselspannung wird abwechselnd "+" und "–" angezeigt.

B **Stromzangen-Messung** aktiv.

C **R_{PE} (Null-Offset),** erscheint bei Kompensation (Nullabgleich) des Messleitungswiderstandes.

D **(Achtung, heiße Oberfläche)**, bei aktiviertem Symbol, das BENNING PV 1 sofort von dem PV-Generator trennen. Erst nach Erlöschen des Symbols das BENNING PV 1 anschließen.

E **(Polaritätsanzeige)**, zeigt die Polarität der DC-Spannung an den PV-Prüfbuchsen ❽ und ❾ an.

F **(Achtung, gefährliche Spannung)** festgestellt.

G **(R_{PE} LOCK)** (Feststellung), aktiv, wenn eine kontinuierliche R_{PE} Messung aktiviert wurde.

H **(Achtung)**, bei aktiviertem Symbol Anweisungen in der Bedienungsanleitung beachten, um Gefahren zu vermeiden.

I **R_{ISO}** ✓ (gut)/ ✗(schlecht), zeigt an, ob der gemessene Isolationswiderstand innerhalb der voreingestellten Grenzwerte liegt.

J **Auswahl der Isolationsprüfspannung,** zeigt die Prüfspannung der Isolationswiderstandsmessung an.

K **Error (Fehler),** siehe spezifische Fehlercodes, (näheres hierzu im Abschnitt 9.1 Fehlercodes) für weitere Details.

L **STORE,** LCD-Daten werden im internen Speicher gespeichert.

M **RECALL,** gespeicherte LCD-Daten wurden aus dem internen Speicher geladen.

N **Speicherplatzanzeige,** zeigt den aktuellen Speicherplatz (1…50) an.

O **Spannung/ Strom Abweichung,** zeigt eine Abweichung der gemessenen Leerlaufspannungs- und Kurzschlussstromwerte größer oder kleiner als 5% an.

P **Batteriesymbol,** erscheint bei entladenen Batterien

5. Allgemeine Angaben

Das BENNING PV 1 führt elektrische Sicherheitsüberprüfungen nach VDE 0126-23 (DIN EN 62446) aus.

Eigenständig überprüft das BENNING PV 1 angeschlossene PV-Module oder PV-Stränge. Alle Messergebnisse werden auf das große LCD-Display ausgegeben.

- Bei voller Batteriekapazität ermöglicht das BENNING PV 1 eine Anzahl von bis zu 3000 automatische Messungen von Vo/c, Is/c und R_{ISO} (500V).
- Geräteabmessungen:
  (L x B x H) = 270 x 115 x 55 mm
- Gerätegewicht: 2600 g

6. Umgebungsbedingungen

- Das BENNING PV 1 ist für Messungen in trockener Umgebung vorgesehen.
- Barometrische Höhe bei Messungen: 0 m bis maximal 2000 m
- Überspannungskategorie/ Aufstellungskategorie: IEC/ EN 61010-1 → 1000 V Kategorie I (gilt nur für die rote ❽ und schwarze ❾ PV-Prüfbuchse),
- Überspannungskategorie/ Aufstellungskategorie: IEC/ EN 61010-1 → 300 V Kategorie III (gilt nur für die rote ⓫ und schwarze ❿ 4 mm Prüfbuchse),
- Verschmutzungsgrad: 2
- Schutzart: IP 50 (DIN VDE 0470-1, IEC/ EN 60529)
  5 - erste Kennziffer: Staubgeschützt
  0 - zweite Kennziffer: Kein Schutz gegen Wasser
- EMC: IEC/ EN 61326,
- Arbeitstemperatur und relative Luftfeuchte:
  Bei Arbeitstemperatur von 0 °C bis 30 °C: relative Luftfeuchte kleiner 80 %,
  Bei Arbeitstemperatur von 31 °C bis 40 °C: relative Luftfeuchte kleiner 75 %,
- Lagerungstemperatur: Das BENNING PV 1 kann bei Temperaturen von - 25 °C bis + 65 °C (Luftfeuchte 0 bis 90 %) gelagert werden. Dabei sind die Batterien aus dem Gerät herauszunehmen.

7. Elektrische Angaben

Bemerkung: Die Messgenauigkeit wird angegeben als Summe aus

- einem relativen Anteil des Messwertes und
- einer Anzahl von Digit (d.h. Zahlenschritte der letzten Stelle).

Diese Messgenauigkeit gilt bei Temperaturen von 18 °C bis 30 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit kleiner 80 %.

7.1 Schutzleiterwiderstand R_{PE}

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,05 Ω - 199 Ω	0,01 Ω Maximum	± (2 % + 2 Digit)
Prüfstrom:	> 200 mA (2 Ω)	
Leerlaufspannung:	> 4 V	
Anzahl der Wiederholungsprüfungen (IEC 61557-2)	ca. 4000	

7.2 PV-Modul/ PV-Strang, Leerlaufspannung, Vo/c

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
5,0 V - 1000 V	0,1 V	± (0,5 % + 2 Digit)

7.3 PV-Modul/ PV-Strang, Kurzschlussstrom, Is/c

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,50 A - 9,99 A	0,01 A	± (1 % + 2 Digit)

7.4 Isolationswiderstand, R_{ISO}

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit
0,20 MΩ - 100 MΩ	max. 0,01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
101 MΩ - 199 MΩ	1 MΩ	± (10 % + 5 Digit)
Prüfspannung:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Prüfstrom:	> 1 mA, < 2 mA bei Kurzschluss	
Anzahl der Wiederholungsprüfungen (IEC 61557-2)	ca. 2000	

7.5 R_{PE} Spannung über 4 mm Prüfbuchsen

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
5 V - 440 V AC/ DC	1 V	± (5 % + 2 Digit)

7.6 Strom mit AC/ DC Stromzangenadapter BENNING CC 3 (T.Nr. 044038)

Messbereich	Auflösung	Messgenauigkeit (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
0,1 A - 40,0 A AC/ DC	0,1 A	± (5 % + 2 Digit)

8. Prüfen mit dem BENNING PV 1

8.1 Vorbereiten der Prüfung

Benutzen und lagern Sie das BENNING PV 1 nur bei den angegebenen Lager- und Arbeitstemperaturbedingungen, vermeiden Sie dauernde Sonneneinstrahlung.

- Angaben von Nennspannung und Nennstrom auf den Sicherheitsmessleitungen überprüfen.
- Starke Störquellen in der Nähe des BENNING PV 1 können zu instabiler Anzeige und zu Messfehlern führen.



Vor jeder Inbetriebnahme überprüfen Sie das Gerät, die Leitungen und das Prüfobjekt auf Beschädigungen.

8.1.1 Ein-, Ausschalten des BENNING PV 1

- Durch gleichzeitiges Betätigen der Tasten ❷ und ❸ für ca. 2 Sekunden wird das BENNING PV 1 eingeschaltet, Signaltöne bestätigen dies. Erneutes Drücken der Tasten für > 2 Sekunden schaltet das Gerät aus.
- Das BENNING PV 1 schaltet sich nach ca. 2 Minuten selbstständig ab. (**APO**, **A**uto-**P**ower-**O**ff). Es schaltet sich wieder ein, wenn die Tasten ❷ und ❸ betätigt werden. Ein Signalton

signalisiert die Abschaltung des Gerätes.

8.1.2 Prüfung des Batteriezustandes

Das BENNING PV 1 führt während des Einschaltens und im laufenden Betrieb einen automatischen Batterietest durch. Entladene Batterien werden durch ein Batteriesymbol Ⓟ im LCD-Display ❶ dargestellt. Sobald das Batteriesymbol blinkt sind die Batterien umgehend zu ersetzen (siehe Abschnitt 9.4, „Batteriewechsel“).

8.1.3 Kompensation der Sicherheitsmessleitungen (Nullabgleich)

Um eine Kompensation (Nullabgleich) des Messleitungswiderstandes durchzuführen, kontaktieren Sie die Sicherheitsmessleitungen über die Sicherheitskrokodilklemmen miteinander und drücken die (Ω NULL)-Taste ❹ bis das Symbol Ω NULL Ⓒ im LCD-Display ❶ erscheint.



Messleitungswiderstände können bis 10 Ohm kompensiert werden.

siehe Bild 4: Nullabgleich der Sicherheitsmessleitung für R_{PE}-Messung

8.2 Prüfung des Schutzleiterwiderstandes, R_{PE}



Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!



Bei Anliegen einer Spannung von > 5 V am Prüfobjekt wird die ermittelte Spannung angezeigt. Steigt die Messspannung an den Prüfspitzen über 30 V wird die R_{PE}-Messung blockiert! Wird die R_{PE}-Messung unterhalb von 30 V gestartet, kann eine niederohmige Spannungsquelle die eingebaute Sicherung im BENNING PV 1 auslösen!

Zur Einzelmessung:
- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓫ und ❿ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken Sie die (R_{PE})-Taste ❷.
- Der gemessene Schutzleiterwiderstand R_{PE} wird im Display ❶ angezeigt.

siehe Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}

Zur fortlaufenden Messung:
- Schalten Sie den Schaltkreis bzw. das Prüfobjekt spannungsfrei.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ⓫ und ❿ an und kontaktieren Sie das Prüfobjekt.
- Drücken und halten Sie die (R_{PE})-Taste ❷ gedrückt bis das Symbol 🔒 Ⓖ erscheint.
- Der gemessene Schutzleiterwiderstand R_{PE} wird fortlaufend im Display ❶ angezeigt.
- Zum Beenden der fortlaufenden Messung drücken Sie die (R_{PE})-Taste ❷.

siehe Bild 5: Prüfung des Schutzleiterwiderstandes R_{PE}

8.3 Automatische Messung von Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom und Isolationswiderstand des PV-Generators



Der PV-Generator muss von der elektrischen Hauptversorgung isoliert sein!
Weder Plus- noch Minuspol des PV-Generators darf geerdet sein!



Während der Isolationswiderstandsmessung wird der PV-Generator kurzgeschlossen. Die Messung erfolgt zwischen der roten 4 mm Prüfbuchse und den kurzgeschlossenen PV-Prüfbuchsen.



Falls die DC-Polarität fehlerhaft ist oder die DC-Spannung im Bereich von < 5 V bzw. > 1000 V liegt, ist keine automatische PV-Messung möglich.

- Verbinden Sie das BENNING PV 1 über die mitgelieferten PV-Sicherheitsmessleitungen mit dem PV-Modul bzw. dem PV-Strang.
- Für die Isolationswiderstandsmessung verbinden Sie die rote Sicherheitsmessleitung der 4 mm Prüfbuchse ⓫ mit einem Metallteil (Rahmen oder Montagesystem) des PV-Generators.
- Ist der PV-Generator ordnungsgemäß über einen Erdungsleiter geerdet, kann alternativ die rote Sicherheitsmessleitung der 4 mm Prüfbuchse ⓫ mit einer sicheren Erdverbindung (Potentialausgleichsschiene) kontaktiert werden.
- Die Messung der PV-Leerlaufspannung erfolgt automatisch bei anliegender DC-Spannung an den PV-Sicherheitsmessleitungen (Prüfbuchsen ❽ und ❾).
- Bei Verpolung der DC-Spannung blinkt die Polaritätsanzeige und das Symbol +✕+ Ⓔ wird eingeblendet. Die automatische Messung bleibt solange gesperrt bis die Polarität der DC-Spannung korrekt ist.
- Sobald eine Spannung von > 30 V an den PV-Sicherheitsmessleitungen anliegt, blinkt das Warnsymbol ⚠ Ⓕ (Achtung, gefährliche Spannung).

- Zur Einstellung der Prüfspannung für die Isolationswiderstandsmessung drücken Sie die (V_{ISO})-Taste ❺ und wählen die gewünschte Prüfspannung aus (250 V, 500 V oder 1000 V DC).
- Drücken Sie die (Auto)-Taste ❸ zum Starten der automatischen PV-Messung. Folgende Messungen werden durchgeführt:
  - Messung der PV-Leerlaufspannung
  - Messung des PV-Kurzschlussstromes
  - Messung des Isolationswiderstandes
- Die Messwerte werden für ca. 20 Sekunden oder bis zu einem Tastendruck im Display ❶ dargestellt.
- Liegt der gemessene Isolationswiderstand oberhalb der voreingestellten Grenzwerte, erscheint neben dem Isolationswiderstandswert das Symbol ✓. Liegt der Isolationswiderstandswert unterhalb der Grenzwerte erscheint das Symbol ✗.

siehe Bild 6: Automatische Solarmodul-Messung, ISO-Messung über Erdleiter

Voreingestellte Grenzwerte:

V_{ISO}	Grenzwert Isolationswiderstand
250 V	0,5 MΩ
500 V	1,0 MΩ
1000 V	1,0 MΩ

8.4 Gleich- und Wechselspannungsmessung

- Entfernen Sie die PV-Sicherheitsmessleitungen von den PV-Prüfbuchsen ❽ und ❾.
- Schließen Sie die rote und schwarze Sicherheitsmessleitung an die jeweilige 4 mm Prüfbuchse ❿ und ⓫ an.
- Verbinden Sie die Messspitzen mit der zu messenden Spannungsquelle.
- Das BENNING PV 1 misst automatisch die Spannung an den Messspitzen.
- Die Polarität der Gleichspannung (DC) wird mit "+ / -" 🅐 gekennzeichnet. Bei Wechselspannung (AC) wird "+ / -" 🅐 im Wechsel angezeigt.

siehe Bild 7: Spannungsmessung über 4 mm Prüfbuchsen

8.5 Strommessung mit optionalem AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 (T.Nr. 044038)

Das BENNING PV 1 kann mit dem optionalen AC/ DC-Stromzangenadapter BENNING CC 3 den Betriebsstrom einer PV-Anlage messen. Die ermittelten Stromwerte können in dem internen Speicher des BENNING PV 1 abgelegt und wieder aufgerufen werden.

- Entfernen Sie alle Sicherheitsmessleitungen vom BENNING PV 1.
- Schließen Sie den Stromzangenadapter BENNING CC 3 an die 4 mm Prüfbuchsen ❿ und ⓫ des BENNING PV 1 an
- Schalten Sie den Stromzangenadapter BENNING CC 3 ein und wählen Sie den 40 A-Bereich.
- Schalten Sie das BENNING PV 1 ein und betätigen Sie die (Auto)-Taste ❸ bis das Symbol 🅑 für die Stromzangenmessung erscheint.
- Für Gleichstrommessungen (DC) drücken Sie die Nullabgleichstaste (ZERO) am BENNING CC 3 bis ein Stromwert von ca. 0 A angezeigt wird.
- Legen Sie den Stromzangenadapter um den einadrigen, stromdurchflossenen Leiter.
- Der gemessene Strom wird im Display ❶ angezeigt.

siehe Bild 8: AC/ DC-Strommessung mit optionalem Stromzangenadapter BENNING CC 3

8.6 Messung an mehreren identischen PV-Modulen/ PV-Strängen

Bei PV-Systemen mit mehreren identischen PV-Strängen müssen die Leerlaufspannungen und die Kurzschlussströme bei stabilen Bestrahlungsbedingungen miteinander verglichen werden. Die Werte sollten identisch sein und innerhalb einer maximalen Abweichung von 5 % liegen (bei stabilen Bestrahlungsbedingungen). Ferner sind die gemessenen Werte mit den zu erwartenden Werten zu verglichen.

- Zu Beginn der Messreihe die (🖫)-Taste ❼ und (🗁)-Taste ❻ gedrückt halten, um den Messwertspeicher zu löschen.
- Verbinden Sie den ersten PV-Strang des PV-Generators mit dem BENNING PV 1.
- (Auto)-Taste ❸ drücken, zur automatischen Messung des ersten PV-Strangs.
- (🖫)-Taste ❼ drücken, um die Messwerte zu speichern.
- Verbinden Sie den nächsten PV-Strang mit dem BENNING PV 1 und drücken Sie die (Auto)-Taste ❸ zum Start der automatischen Messung.
- (🖫)-Taste ❼ drücken, um die Messwerte zu speichern.
- Wiederholen Sie diesen Vorgang für alle identischen PV-Stränge und bei stabilen Strahlungsbedingungen.
- Nach Abschluss der Prüfung können über die (🗁)-Taste ❻ die gespeicherten Messwerte aufgerufen werden. Sobald ein Messwert um mehr als 5 % vom Mittelwert der Leerlaufspannung oder des Kurzschlussstromes aller gespeicherten Messwerte abweicht, blinkt das ">5%" Symbol 🅞.
- Zum Aufrufen der Mittelwerte drücken Sie die (🗁)-Taste ❻ wiederholt bis der Speicherplatz 0 erscheint. Der Mittelwert der Leerlaufspannung und des Kurzschlussstromes wird im Display ❶ angezeigt.

siehe Bild 6: Automatische Solarmodul-Messung, ISO-Messung über Erdleiter

8.7 Messwertspeicher

8.7.1 Messwerte speichern

Das BENNING PV 1 kann bis zu 50 Displayanzeigen speichern. Abhängig der durchgeführten Messungen werden pro Speicherplatz der Schutzleiterwiderstand, die Leerlaufspannung, der Kurzschlussstrom, der Isolationswiderstand mit Prüfspannung oder auch der gemessene AC/DC-Strom (BENNING CC 3) gespeichert.

- Drücken Sie die ( )-Taste ❼, um die angezeigten Messwerte im ersten freien Speicherplatz zu speichern. Eine erfolgreiche Speicherung wird mit dem Symbol "STORE" Ⓛ im LCD-Display ❶ bestätigt.

8.7.2 Messwerte aufrufen

- Drücken Sie die ( )-Taste ❻, um die gespeicherten Messwerte mit der zugehörigen Speicherplatznummer Ⓝ wieder aufzurufen. Das Symbol "RECALL" Ⓜ erscheint im Display ❶. Die Speicherplatznummer Ⓝ wird im Display ❶ dargestellt.
- Durch erneutes Drücken der ( )-Taste ❻ wird zum nächsten Speicherplatz gewechselt.

8.7.3 Messwertspeicher löschen

- Zum Löschen des kompletten Messwertspeichers die ( )-Taste ❼ und ( )-Taste ❻ drücken.

8.7.4 Warnung bei 5% Abweichung des Messwertes

- Bei einer 5 %-Abweichung des angezeigten Messwertspeichers (Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom) zum Mittelwert über alle gespeicherten Messwerte, blinkt das "5%"-Symbol.

8.7.5 Mittelwert der Leerlaufspannung und des Kurzschlussstromes des gesamten Messwertspeichers

- Drücken Sie die ( )-Taste ❻ wiederholt bis im Display ❶ der Speicherplatz 0 Ⓝ erscheint. Das Symbol "RECALL" Ⓜ erscheint im Display ❶.
- Der Speicherplatz 0 Ⓝ berechnet die Mittelwerte von Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom aller gespeicherten Messwerte.

9. Instandhaltung



Vor dem Öffnen das BENNING PV 1 unbedingt spannungsfrei machen! Elektrische Gefahr!

Die Arbeit am geöffneten BENNING PV 1 unter Spannung ist **ausschließlich Elektrofachkräften vorbehalten, die dabei besondere Maßnahmen zur Unfallverhütung treffen müssen**.
So machen Sie das BENNING PV 1 spannungsfrei, bevor Sie das Gerät öffnen:

- Schalten Sie das Prüfgerät aus.
- Trennen Sie alle Anschlussleitungen vom Gerät.

9.1 Fehlercodes

Fehlercode	Abhilfe
FUSE	Interne Sicherung defekt, vgl. Kapitel 9.5, „Sicherungswechsel“
HOt	Die Elektronik des BENNING PV 1 hat die maximal zulässige Temperatur erreicht. Das BENNING PV 1 vom Messobjekt trennen und abkühlen lassen.
HiSC	Der DC-Kurzschlussstrom hat den Maximalwert von 10 A überschritten. Die Messung wurde abgebrochen.
CAL	Das BENNING PV 1 ist nicht korrekt kalibriert, vgl. Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
Er 1,2 etc.	Das BENNING PV 1 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
HOtF	Das BENNING PV 1 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
FEt	Das BENNING PV 1 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.
rL 1,2,3 oder 4	Das BENNING PV 1 bitte an einen autorisierten Service-Händler zurücksenden, vgl. Adresse aus Kapitel 9.6 „Kalibrierung“.

9.2 Sicherstellen des Gerätes

Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Sicherheit im Umgang mit dem BENNING PV 1 nicht mehr gewährleistet sein; zum Beispiel bei:

- Sichtbaren Schäden am Gehäuse,
- Fehlern bei Messungen,
- Erkennbaren Folgen von längerer Lagerung unter unzulässigen Bedingungen und
- Erkennbaren Folgen von außerordentlicher Transportbeanspruchung.

In diesen Fällen ist das BENNING PV 1 sofort abzuschalten, von den Prüfstellen zu entfernen und gegen erneute Nutzung zu sichern.

9.3 Reinigung

Reinigen Sie das Gehäuse äußerlich mit einem sauberen und trockenen Tuch (Ausnahme spezielle Reinigungstücher). Verwenden Sie keine Lösungs- oder Scheuermittel, um das Gerät zu reinigen. Achten Sie unbedingt darauf, dass das Batteriefach und die Batteriekontakte nicht durch auslaufendes Batterie-Elektrolyt verunreinigt werden.

Falls Elektrolytverunreinigungen oder weiße Ablagerungen im Bereich der Batterie oder des Batteriegehäuses vorhanden sind, reinigen Sie auch diese mit einem trockenen Tuch.

9.4 Batteriewechsel



Vor dem Öffnen das BENNING PV 1 unbedingt spannungsfrei machen! Elektrische Gefahr!

Das BENNING PV 1 wird durch sechs 1,5 V-Mignon-Batterien/Typ AA (IEC LR6) gespeist.
Ein Batteriewechsel ist erforderlich, wenn in der Anzeige ❶ das Batteriesymbol Ⓟ erscheint.
So wechseln Sie die Batterien (siehe Bild 9):

- Schalten Sie das BENNING PV 1 aus.
- Legen Sie das BENNING PV 1 auf die Frontseite und lösen Sie die Schraube vom Batteriedeckel.
- Heben Sie den Batteriedeckel (im Bereich der Gehäusevertiefungen) vom Unterteil ab.
- Heben Sie die entladenen Batterien aus dem Batteriefach.
- Legen Sie dann die Batterien in die dafür vorgesehenen Stellen im Batteriefach (achten Sie bitte unbedingt auf die korrekte Polung der Batterien).
- Rasten Sie den Batteriedeckel an das Unterteil und ziehen Sie die Schraube an.

siehe Bild 9: Batterie-/ Sicherungswechsel



Leisten Sie Ihren Beitrag zum Umweltschutz! Batterien dürfen nicht in den Hausmüll. Sie können bei einer Sammelstelle für Altbatterien bzw. Sondermüll abgegeben werden. Informieren Sie sich bitte bei ihrer Kommune.

9.5 Sicherungswechsel



Vor dem Öffnen das BENNING PV 1 unbedingt spannungsfrei machen! Elektrische Gefahr!

Das BENNING PV 1 wird durch eine eingebaute Sicherung (500mA, 1000 V, F, D = 6,3 mm, L = 32 mm), (T.Nr. 749771) vor Überlastung geschützt.
So wechseln Sie die Sicherung (siehe Bild 9):

- Schalten Sie das BENNING PV 1 aus.
- Legen Sie das BENNING PV 1 auf die Frontseite und lösen Sie die Schraube vom Batteriedeckel.
- Heben Sie den Batteriedeckel (im Bereich der Gehäusevertiefungen) vom Unterteil ab.
- Heben Sie ein Ende der defekten Sicherung seitlich mit einem Schlitzschraubendreher aus dem Sicherungshalter.
- Entnehmen Sie die defekte Sicherung vollständig aus dem Sicherungshalter.
- Setzen Sie die neue Sicherung ein. Verwenden Sie nur Sicherungen mit gleichem Nennstrom, gleicher Nennspannung, gleichem Trennvermögen, gleicher Auslösecharakteristik und gleichen Abmessungen.
- Rasten Sie den Batteriedeckel an das Unterteil und ziehen Sie die Schraube an.

siehe Bild 9: Batterie-/ Sicherungswechsel

9.6 Kalibrierung

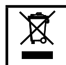
Um die angegebenen Genauigkeiten der Messergebnisse zu erhalten, muss das Gerät regelmäßig durch unseren Werksservice kalibriert werden. Wir empfehlen ein Kalibrierintervall von einem Jahr. Senden Sie hierzu das Gerät an folgende Adresse:

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Service Center
Robert-Bosch-Str. 20
D – 46397 Bocholt

9.7 Ersatzteile

Sicherung 500 mA, F, 1000 V, Trennvermögen ≥ 500 A, D = 6,3 mm, L = 32 mm, T.Nr. 749771

10. Umweltschutz

	Bitte führen Sie das Gerät am Ende seiner Lebensdauer den zur Verfügung stehenden Rückgabe- und Sammelsystemen zu.

Operating instructions
BENNING PV 1

Battery-operated photovoltaic tester for installation testing and periodic inspection of mains-coupled photovoltaic systems in compliance with VDE 0126-23 (DIN EN 62446):
- protective conductor resistance measurement with a testing current of 200 mA DC
- automatic display of the voltage polarity with acoustic / visual warning in case of wrong polarity
- open-circuit voltage measurement at the PV module/ PV string with up to 1000 V DC
- short-circuit current measurement at the PV module/ PV string with up to 10 A DC
- insulating resistance measurement with a testing voltage of 250 V, 500 V, 1000 V DC
- functional test by means of current measurement using an optional current clamp adapter with up to 40 A AC/ DC

Table of contents

1. User notes



This operating manual is intended for qualified technical personnel! Qualified technical personnel is competent to identify risks and to prevent possible hazards. Improper handling involves the risk of injury!



Warning of dangerous electric voltage!
Absolutely observe all safety instructions!

Always observe international, national and - if applicable - regional regulations of electrical engineering. Relevant skills of electrical engineering are absolutely required.
The BENNING PV 1 is intended for making measurements in dry environment (More details in chapter 6. “Environmental conditions”).
The following symbols are used in these operating instructions and on the BENNING PV 1:

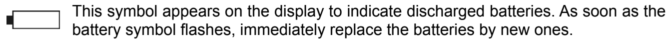
Warning of electrical danger!
Indicates instructions which must be followed to avoid danger to persons.



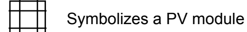
Important, comply with the documentation!
The symbol indicates that the information provided in the operating instructions must be complied with in order to avoid risks.



This symbol on the BENNING PV 1 means that the BENNING PV 1 complies with the EU directives.



This symbol appears on the display to indicate discharged batteries. As soon as the battery symbol flashes, immediately replace the batteries by new ones.



Symbolizes a PV module

(AC) Alternating voltage or current.

(DC) Direct voltage or current.

Ground (Voltage against ground).

Protection class I

Protection class II

2. Safety note

The instrument is built and tested in accordance with
DIN VDE 0411 part 1/ EN 61010 part 1
DIN VDE 0413 part 1/ EN 61557 part 1, 2, 4 and 10
and has left the factory in perfectly safe technical state.

To maintain this state and ensure safe operation of the appliance tester, the user must observe the notes and warnings given in these instructions at all times. Improper handling and non-observance of the warnings might involve severe **injuries** or **danger to life**.



The connection to the PV generator is made exclusively in accordance with the connection figure of the operating instructions.
Disconnect not required safety test leads from the BENNING PV 1.



The PV test sockets ❽ and ❾ are intended exclusively for the connection with PV generators (PV module, PV string).



The PV module/ PV string must not exceed the maximum open-circuit voltage of 1000 V DC and the maximum short-circuit current of 10 A.



The BENNING PV 1 must be connected to insulated PV modules only. Neither the positive nor the negative pole of the PV module must be earthed!



Disconnect the BENNING PV 1 from the PV generator directly after the test.



Do not touch the measuring probes!
During insulating resistance measurements, high electric currents might be applied to the measuring probes.



Do not touch any metal parts of the PV test object during measurement.



The PV generator must be isolated from the electric power supply!
Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!



Via the 4 mm safety test leads, voltage measurements on mains supply circuits are possible. Via the 4 mm test sockets ❿ and ⓫, the BENNING PV 1 must be used only in electric circuits of overvoltage category III with max. 300 V AC/ DC for phase-to-earth measurements. For voltage measurements via the 4 mm test sockets ❿ and ⓫, please disconnect the PV measuring leads from the PV test sockets ❽ and ❾ before measuring.



WARNING! Be careful when working with bare conductors or main line carrier!
Contact with live conductors will cause an electric shock!
Remember that work on electrical components of all kinds is dangerous. Even low voltages of 30 V AC and 60 V DC may be dangerous to human life.



Before starting the appliance tester up, always check it for signs of damage. Do not use a damaged BENNING PV 1! Damaged measuring leads must be replaced!



Only use safety measuring leads, which are supplied with the BENNING PV 1.



Use the BENNING PV 1 only in compliance with the intended use specified in this documentation.



Use the BENNING PV 1 under dry ambient conditions only.

Should it appear that safe operation of the appliance tester is no longer possible, it should be shut down immediately and secured to prevent it being switched on accidentally.

It may be assumed that safe operation is no longer possible:
- if the instrument show visible signs of damage
- if the appliance tester no longer functions
- after long periods of storage under unfavourable conditions

- after being subjected to rough transport
- the device is exposed to moisture.



In order to prevent danger
- **do not touch the bare measuring probe tips of the measuring leads,**
- **plug the leads into the correspondingly marked jacks at the measuring instrument**



Maintenance:
Do not open the tester, because it contains no components which can be repaired by the user. Repair and service must be carried out by qualified personnel only!



Cleaning:
Regularly wipe the housing by means of a dry cloth and cleaning agent. Do not use any polishing agents or solvents!

3. Scope of delivery

The scope of delivery for the BENNING PV 1 comprises:

3.1 One BENNING PV 1,
3.2 One transport/ storage case
3.3 Two safety measuring leads with probe tip (L = 1.2 m) (red/ black)
3.4 Two safety crocodile clips (red/ black)
3.5 Two safety measuring leads for MC4 connector (red/ black)
3.6 Two safety measuring leads for "Sunclix" connector (red/ black)
3.7 Six 1.5-V-batteries/ type AA (IEC LR6)
3.8 One short instructions
3.9 One CD-ROM with detailed multilingual operating manual and information material

Parts subject to wear:
- The BENNING PV 1 is provided with two fuses for overload protection:
  One fuse with a nominal current of 500 mA, F, 1000 V, breaking capacity ≥ 1000 A, D = 6.3 mm, L = 32 mm (P.no. 749771)
- The BENNING PV 1 is supplied by six 1.5 V batteries/ type AA (IEC LR6).

Note on optional accessories:
- AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 for connection to the BENNING PV 1. The measured AC/ DC current values can be stored in the memory of the BENNING PV 1 and can be recalled (part no. 044038).
- 40 m measuring leads BENNING TA 5 with practical rewinder and supporting loop. Connection: 4 mm safety test socket/ plug (P.no. 044039)
- Test badges "next test", 300 pieces (P.no. 756212)
- Test certificate forms for "Testing of PV systems" are available for download free of charge at www.benning.de

4. Unit description

See figure 1: Appliance front face
See figure 2: Top side of the device
See figure 3: Digital display

The display and operator control elements specified in Fig. 1, 2 and 3 are designated as follows:

❶ **Digital display**, indicates the test progress and individual measuring results,
❷ (R_{PE})**-key**, for testing the protective conductor resistance
❸ (Auto)**-key**, for starting the automatic PV testing procedure according to VDE 0126-23 (DIN EN 62446)
❹ (Ω NULL)**-key**, for carrying out a null balance of the measuring lead resistances
❺ (V_{ISO})**-key**, for selecting the testing voltage for insulating resistance measurement
❻ **-key**, for calling stored measured values (display values)
❼ **-key**, for storing the displayed measured values (display values)
❽ **+ PV test socket (red)**, for connecting the red safety measuring lead with PV connector
❾ **– PV test socket (black)**, for connecting the black safety measuring lead with PV connector
❿ **– 4 mm test socket (black)**, for connecting the safety measuring lead with probe tip/ alligator clip
⓫ **+ 4 mm test socket (red)**, for connecting the safety measuring lead with probe tip/ alligator clip
Ⓐ **R_{PE} voltage polarity indication**, indicates the polarity of the DC voltage at the 4 mm test sockets ❿ and ⓫. For AC voltage, "+" and "–" are displayed alternately.
Ⓑ **Current clamp measurement** enabled

- **C** **R_{PE} null offset**, is displayed in case of a compensation (null balance) of the measuring lead resistance
- **D** **Attention, hot surface!** If the symbol is displayed, immediately disconnect the BENNING PV 1 from the PV generator. Connect the BENNING PV 1 only after the symbol has disappeared.
- **E** **Polarity indication**, indicates the polarity of the DC voltage at the PV test sockets ❽ and ❾
- **F** **Attention, dangerous voltage** has been detected
- **G** **R_{PE} LOCK**, enabled, if a continuous R_{PE} measurement has been activated
- **H** **Attention**, if this symbol is activated, observe the instructions contained in the operating manual in order to avoid danger.
- **I** **R_{ISO}** ✓ (pass)/ ✗ (fail), indicates whether the measured insulating resistance is within the preset limiting values
- **J** **Selection of the insulation test voltage**, displays the testing voltage of the insulating resistance measurement
- **K** **Error**, see specific error codes for further details (More details in chapter 9.1. “Error codes”)
- **L** **STORE**, LCD data are stored in the internal memory
- **M** **RECALL**, stored LCD data are loaded from the internal memory
- **N** **Storage location indicator**, indicates the current storage location (1…50)
- **O** **Voltage / current deviation**, indicates a deviation of the measured open-circuit voltage and short-circuit current values of more or less than 5 %
- **P** **Battery symbol**, is displayed to indicate discharged batteries

5. General information

The BENNING PV 1 is intended for electrical safety tests according to VDE 0126-23 (DIN EN 62446).

The BENNING PV 1 automatically tests connected PV modules or PV strings. All measuring results are displayed on the large LC display.

- At full battery capacity, the BENNING PV 1 allows to carry out up to 3000 automatic measurements of Vo/c, Is/c and R_{ISO} (500 V).
- Appliance dimensions:
  (L x W x H) = 270 x 115 x 55 mm
- Appliance weight: 2600 g

6. Environment conditions:

- The BENNING PV 1 is intended for making measurements in dry environment.
- Maximum barometric elevation for making measurements: 2000 m,
- Over voltage category/ Siting category: IEC/ EN 61010-1 → 1000 V category I (this apply to the red ❽ and black ❾ PV test socket),
- Over voltage category/ Siting category: IEC/ EN 61010-1 → 300 V category III (this apply to the red ⓫ and black ❿ 4 mm test socket),
- Contamination class: 2,
- Protection Class: IP 50 (DIN VDE 0470-1 IEC/ EN 60529)
  IP 50 means: Dustproof, (5 - first index). No protection against water, (0 - second index).
- EMC: IEC/ EN 61326,
- Operating temperature and relative humidity:
  For operating temperature from 0 °C to 30 °C: relative humidity less than 80 %
  For operating temperatures from 31 °C to 40 °C: relative humidity less than 75 %
- Storage temperature: The BENNING PV 1 can be stored at any temperature in the range from - 25 °C to + 65 °C (relative humidity from 0 to 90 %). The battery should be taken out of the instrument for storage.

7. Electrical specifications

Note: The measuring precision is specified as the sum of

- a relative fraction of the measured value and
- a number of digits (counting steps of the least significant digit).

This specified measuring precision is valid for temperatures in the range from 18 °C to 30 °C and relative humidity less than 80 %.

7.1 Protective conductor resistance R_{PE}

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.05 Ω - 199 Ω	max. 0.01 Ω	± (2 % + 2 Digit)
Testing current:	> 200 mA (2 Ω)	
Open-circuit voltage:	> 4 V	
Number of repetitive tests (IEC 61557-2)	approx. 4000	

7.2 PV module/ PV string, open-circuit voltage, (Vo/c)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
5.0 V - 1000 V	0.1 V	± (0.5 % + 2 Digit)

7.3 PV module/ PV string, short-circuit voltage, (Is/c)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.50 A - 9.99 A	0.01 A	± (1 % + 2 Digit)

7.4 Insulation resistance R_{ISO}

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy
0.20 MΩ - 100 MΩ	max. 0.01 MΩ	± (5 % + 5 Digit)
101 MΩ - 199 MΩ	1 MΩ	± (10 % + 5 Digit)
Testing voltage:	250 V_{DC}/ 500 V_{DC}/ 1000 V_{DC}, + 20 %, - 0 %	
Testing current:	> 1 mA, < 2 mA in case of a short-circuit	
Number of repetitive tests (IEC 61557-2)	approx. 2000	

7.5 R_{PE} voltage via 4 mm test sockets

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
5 V - 440 V AC/ DC	1 V	± (5 % + 2 Digit)

7.6 Current by means of AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 (part no. 044038)

Measuring range	Resolution	Measuring accuracy (DC, AC 50 Hz - 60 Hz)
0.1 A - 40.0 A AC/ DC	0.1 A	± (5 % + 2 Digit)

8. Making measurements with the BENNING PV 1

8.1 Preparations for making measurements

Operate and store the BENNING PV 1 only at the specified storage and operating temperatures conditions. Do not permanently expose the device to sunlight.

- Check rated voltage and rated current details specified on the safety measuring leads.
- Strong sources of interference in the vicinity of the BENNING PV 1 can lead to unstable readings and measuring errors.

 **Before starting the BENNING PV 1, always check the device, the leads and the test object for damages.**

8.1.1 Switching the BENNING PV 1 ON/ OFF

- Press and hold the keys ❷ and ❸ for approx. 2 seconds to switch the BENNING PV 1 on. Acoustic signals confirm that the device is switched on. Press the keys again for approx. 2 seconds to switch the device off.
- After approx. 2 minutes, the BENNING PV 1 switches off automatically (**APO**, **A**uto **P**ower-**O**ff). It switches on again when the keys ❷ and ❸ are pressed. An acoustic signal indicates that the device has switched off automatically.

8.1.2 Testing the battery condition

During switch-on and operation, the BENNING PV 1 carries out an automatic battery test. Discharged batteries are indicated by a battery symbol Ⓟ on the LC display ❶. As soon as the battery symbol is flashing, the batteries have to be replaced immediately (see chapter 9.4, "Battery replacement").

8.1.3 Compensation of the measuring leads (null balance)

In order to carry out a compensation (null balance) of the measuring lead resistance, connect the measuring leads with each other by means of the alligator clips and press the (Ω NULL)-key ❹ until the Ω NULL symbol Ⓒ is shown on the LC display ❶.

 **Measuring lead resistances can be compensated by up to 10 ohms.**

See figure 4: Null balance of the measuring lead for R_{PE} measurement

8.2 Testing the protective conductor resistance (R_{PE})



Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!



If a voltage of > 5 V is applied to the test object, the determined voltage will be displayed. If the measuring voltage at the probe tips exceeds 30 V, the R_{PE} measurement will be blocked! If the R_{PE} measurement is started below 30 V, a low-impedance voltage source might trip the built-in fuse of the BENNING PV 1!

For single measurement:
- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓫ and ❿ and connect the test object.
- Press the (RPE)-key ❷.
- The measured protective conductor resistance (R_{PE}) is displayed ❶.

See figure 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})

For continuous measurement:
- Make sure that the switching circuit and/or the test object are free of voltage.
- Connect the red and black safety measuring leads to the corresponding 4 mm test sockets ⓫ and ❿ and connect the test object.
- Press and hold the (RPE)-key ❷ until the 🔒 symbol Ⓖ is displayed.
- The measured protective conductor resistance (R_{PE}) is displayed ❶ continuously.
- Press the (RPE)-key ❷ to terminate the continuous measurement.

See figure 5: Testing the protective conductor resistance (R_{PE})

8.3 Automatic measurement of the open-circuit voltage, short-circuit current and insulating resistance of the PV generator



The PV generator must be isolated from the electric power supply!
Neither the positive nor the negative pole of the PV generator must be earthed!



During the insulating resistance measurement, the PV generator is shorted. Measurement is made between the red 4 mm test socket and the shorted PV test sockets.



In case DC polarity is wrong or DC voltage is within the range of < 5 V or > 1000 V, it is not possible to make an automatic PV measurement.

- Connect the BENNING PV 1 to the PV module or the PV string by means of the enclosed PV safety measuring leads.
- For insulating resistance measurement, connect the red safety measuring lead of the 4 mm test socket ⓫ to a metal part (frame or mounting system) of the PV generator.
- If the PV generator is properly earthed by means of an earthing conductor, the red safety measuring lead of the 4 mm test socket ⓫ can be connected alternatively to a safe earth connection (equipotential busbar).
- Measurement of the PV open-circuit voltage is made automatically, if a DC voltage is applied to the PV safety measuring leads (test sockets ❽ and ❾).
- In case of reversed polarity of the DC voltage, the polarity indication is flashing and the symbol Ⓔ is displayed. Automatic measurement will be blocked until the polarity of the DC voltage is correct.
- As soon as a voltage of > 30 V is applied to the PV safety measuring leads, the ⚠ warning symbol Ⓕ (Attention, dangerous voltage) is flashing.
- In order to set the testing voltage for measuring the insulating resistance , press the (VISO)-key ❺ and select the desired testing voltage (250 V, 500 V or 1000 V DC).
- Press the (Auto)-key ❸ to start the automatic PV measurement. The following measurements will be made:
  - measurement of the PV open-circuit voltage
  - measurement of the PV short-circuit current
  - measurement of the insulating resistance
- The measured values will be shown on the display ❶ for approx. 20 seconds or until a key is pressed.
- If the measured insulating resistance is higher than the preset limiting values, the ✔ symbol will be displayed next to the insulating resistance value. If the insulating resistance value is lower than the limiting values, the ✘ symbol will be displayed.

See figure 6: Automatic solar panel measurement, ISO measurement via earthing conductor

Preset limiting values:

V_{ISO}	Limiting value of insulating resistance
250 V	0.5 MΩ
500 V	1.0 MΩ
1000 V	1.0 MΩ

8.4 AC/ DC voltage measurement

- Disconnect the PV safety measuring leads from the PV test sockets ❽ and ❾.
- Connect the red and black safety measuring lead to the corresponding 4 mm test sockets ❿ and ⓫.
- Connect the measuring probes to the voltage source to be measured.
- The BENNING PV 1 automatically measures the voltage at the measuring probes.
- The polarity of the DC voltage is displayed by "+ / –" Ⓐ. In case of AC voltage, "+ / –" Ⓐ will be displayed alternately.

See figure 7: Voltage measurement via 4 mm test sockets

8.5 Current measurement by means of optional AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3 (part no. 044038)

By means of the optional AC/ DC current clamp adapter BENNING CC 3, the BENNING PV 1 can be used to measure the operating current of a PV system. The determined current values can be stored in the internal memory of the BENNING PV 1 and can be recalled.

- Disconnect all measuring leads from the BENNING PV 1.
- Connect the BENNING CC 3 current clamp adapter to the 4 mm test sockets ❿ and ⓫ of the BENNING PV 1.
- Switch on the BENNING CC 3 current clamp adapter and select the 40 A range.
- Switch on the BENNING PV 1 and press the (Auto)-key ❸ until the symbol Ⓑ for current clamp measurement is displayed.
- For direct current (DC) measurements, press the null balance key (ZERO) of the BENNING CC 3 until a current value of approx. 0 A is displayed.
- Enclose the single-wire live conductor by means of the current clamp adapter.
- The measured current will be shown on the display ❶.

See figure 8: AC/ DC current measurement by means of optional current clamp adapter BENNING CC 3

8.6 Measurement on several identical PV modules/ PV strings

For PV systems with several identical PV strings, the open-circuit voltages and short-circuit currents must be compared with each other at stable radiation conditions. The values should be identical and should have a maximum deviation of 5 % (at stable radiation conditions). Moreover, the measured values have to be compared with the values to be expected.

- At the beginning of the series of measurements, press and hold the -key ❼ and the -key ❻ in order to delete the measured value memory.
- Connect the first PV string of the PV generator to the BENNING PV 1.
- Press the (Auto)-key ❸ to start the automatic measurement of the first PV string.
- Press the -key ❼ to store the measured values.
- Connect the next PV string to the BENNING PV 1 and press the (Auto)-key ❸ to start the automatic measurement.
- Press the -key ❼ to store the measured values.
- Repeat this procedure for all identical PV strings at stable radiation conditions.
- After measurement, the stored measured values can be recalled pressing the -key ❻. As soon as a measured value deviates by more than 5 % from the average value of all stored measured values regarding the open-circuit voltage or short-circuit current, the ">5%" symbol Ⓞ starts flashing.
- To call the average values, press the -key ❻ repeatedly until the storage location 0 is displayed. The average values of the open-circuit voltage and of the short-circuit current are shown on the display ❶.

See figure 6: Automatic solar panel measurement, ISO measurement via earthing conductor

8.7 Measured value memory

8.7.1 Storing measured values

The BENNING PV 1 can store up to 50 display indications. Depending on the measurements carried out, the values for protective conductor resistance, open-circuit voltage, short-circuit current, insulating resistance with testing voltage and even the measured AC/DC current (BENNING CC 3) are stored for each storage location.

- Press the -key ❼ to store the displayed measured values to the first free storage location. Successful storage will be confirmed by the "STORE" symbol Ⓛ on the LC display ❶.

8.7.2 Calling measured values

- Press the -key ❻ to recall the stored measured values with the corresponding storage location number Ⓝ. The symbol "RECALL" Ⓜ is displayed ❶. The storage location number Ⓝ is shown on the display ❶.

- Press the 🗁-key ❻ again to go to the next storage location.

8.7.3 Deleting the measured value memory
- To delete the entire measured value memory, press the 💾-key ❼ and the 🗁-key ❻.

8.7.4 Warning in case of the measured value deviating by 5 %
- In case the displayed measured value memory (open-circuit voltage and short-circuit current) deviates by 5 % from the average value of all stored measured values, the "5%" symbol starts flashing.

8.7.5 Average value of the entire measured value memory regarding the open-circuit voltage and short-circuit current
- Press the 🗁-key ❻ repeatedly until the storage location 0 Ⓝ is shown on the display ❶. The symbol “RECALL” Ⓜ is displayed ❶.
- The storage location 0 Ⓝ calculates the average values for open-circuit voltage and short-circuit current from all stored measured values.

9. Maintenance



Before opening the BENNING PV 1, make quite sure that it is voltage free! Electrical danger!

Work on the opened BENNING PV 1 under voltage may be carried out **only by skilled electricians with special precautions for the prevention of accidents**.
Make the BENNING PV 1 voltage free as follows before opening the instrument:
- Switch the tester off.
- Remove all connecting cables from the object.

9.1 Error codes

Error code	Remedy
FUSE	Internal fuse defective, see chapter 9.5 "Fuse replacement"
HOt	The electronic components of the BENNING PV 1 have reached the maximum admissible temperature. Disconnect the BENNING PV 1 from the object to be measured and let it cool down.
HiSC	The DC short-circuit current exceeds the maximum value of 10 A. Measurement has been stopped.
CAL	The BENNING PV 1 is not correctly calibrated, see chapter 9.6 "Calibration".
Er 1,2 etc.	Please return the BENNING PV 1 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
HOtF	Please return the BENNING PV 1 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
FEt	Please return the BENNING PV 1 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.
rL 1,2,3 or 4	Please return the BENNING PV 1 to an authorized service center, see chapter 9.6 "Calibration" for the address.

9.2 Securing the instrument

Under certain circumstances safe operation of the BENNING PV 1 is no longer ensured, for example in the case of:
- Visible damage of the casing.
- Incorrect measurement results.
- Recognisable consequences of prolonged storage under improper conditions.
- Recognisable consequences of extraordinary transportation stress.

In such cases the BENNING PV 1 must be switched off immediately, disconnected from the measuring points and secured to prevent further utilisation.

9.3 Cleaning

Clean the casing externally with a clean dry cloth (exception: special cleaning wipers). Avoid using solvents and/ or scouring agents for cleaning the instrument. It is important to make sure that the battery compartment and battery contacts are not contaminated by leaking electrolyte. If electrolyte contamination or white deposits are present in the region of the batteries or battery casing, clean them too with a dry cloth.

9.4 Battery replacement



Before opening the BENNING PV 1, make quite sure that it is voltage free! Electrical danger!

The BENNING PV 1 is supplied by six 1.5 V batteries/ type AA (IEC LR6).
A battery change (see Figure 9) is required, if the battery symbol ⓟ appears in the display unit ❶.
Proceed as follows to replace the batteries:

- Switch the BENNING PV 1 off.
- Put the BENNING PV 1 face down and unscrew the screw of the battery compartment cover.
- Lift off the battery compartment cover (in the area of the housing slots) from the bottom part of the battery compartment.
- Remove the discharged batteries from the battery compartment.
- Then, insert the batteries into the battery compartment at the provided places (please observe correct polarity of the batteries).
- Lock the battery compartment cover into place on the bottom part and tighten the screw.

See figure 9: Battery/ fuse replacement



Make your contribution to environmental protection! Do not dispose of discharged batteries in the household garbage. Instead, take them to a collecting point for discharged batteries and special waste material. Please inform yourself in your community.

9.5 Fuse replacement



Before opening the BENNING PV 1, make quite sure that it is voltage free! Electrical danger!

The BENNING PV 1 is protected against overload by means of one built-in fuse (500 mA, 1000 V, F, D = 6.3 mm, L = 32 mm) (P.no.749771).
Proceed as follows to replace the fuse (see Figure 9):

- Switch the BENNING PV 1 off.
- Put the BENNING PV 1 face down and unscrew the screw of the battery compartment cover.
- Lift off the battery compartment cover (in the area of the housing slots) from the bottom part of the battery compartment.
- Laterally lift one side of the defective fuse off the fuse holder by means of a slotted screwdriver.
- Completely remove the defective fuse from the fuse holder.
- Insert the new fuse. Only use fuses of the same nominal current, nominal voltage, nominal breaking capacity, tripping characteristic and dimensions.
- Lock the battery compartment cover into place on the bottom part and tighten the screw.

See figure 9: Battery/ fuse replacement

9.6 Calibration

To maintain the specified precision of the measurement results, the instrument must be recalibrated at regular intervals by our factory service. We recommend a recalibration interval of one year. Send the appliance to the following address:

BENNING Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Service Centre
Robert-Bosch-Str. 20
D - 46397 Bocholt

9.7 Spare parts

Fuse 500 mA, F, 1000 V, breaking capacity ≥ 500 A, D = 6.3 mm, L = 32 mm, P.no. 749771

10. Environmental notice



At the end of the product's useful life, please dispose of it at appropriate collection points provided in your country.

Benning Elektrotechnik & Elektronik GmbH & Co. KG
Münsterstraße 135 - 137
D - 46397 Bocholt
Phone: +49 (0) 2871 - 93 - 0 • Fax: +49 (0) 2871 - 93 - 429
www.benning.de • E-Mail: duspol@benning.de